

**Michaela BURŠOVÁ<sup>1</sup>, Iveta SKOTNICOVÁ<sup>2</sup>, Petra TYMOVÁ<sup>3</sup>, Zdeněk GALDA<sup>4</sup>**

**TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY STAVEB V LETNÍM OBDOBÍ**

**THERMAL PROPERTIES OF THE BUILDINGS IN THE SUMMER PERIOD**

**Abstrakt**

Obsahem příspěvku je posouzení kvality vnitřního prostředí vybraných místností nevýrobní budovy z hlediska zajištění požadavků na tepelnou stabilitu v letním období. Na základě teoretických výpočtů a experimentálního měření byl vyhodnocen původní stav vnitřního prostředí místností a následně byla navržena vhodná opatření vedoucí ke zlepšení kvality vnitřního prostředí. Současně bylo zohledněno posouzení denního osvětlení místností a zhodnocena tepelná zátěž místností.

**Klíčová slova**

tepelná stabilita místností v letním období, nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti, nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti, posouzení denního osvětlení místností, činitel denní osvětlenosti, tepelná zátěž místností v letním období, protisluneční opatření.

**Abstract**

The paper is to assess the quality of the indoor environment of selected non-production rooms of the building in terms of providing the requirements for thermal stability in summer. Based on theoretical calculations and experimental measurements was evaluated by the initial state of the internal environment of the rooms and then the appropriate measures designed to improve the quality of the indoor environment.

**Keywords**

thermal stability of the room in the summer period, maximum upsurge of internal temperature in the summer period, maximum internal temperature in the summer period, daylight factor, the heat load in the room, measures against the sun.

## **1 ÚVOD**

Přehřívání interiéru budov v letním období je problémem, se kterým se potýká řada budov (především s velkým podílem prosklení ve fasádě). Zabránit nadměrné tepelné zátěži místností

---

<sup>1</sup> Ing. Michaela Buršová, Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 908, e-mail: michaela.bursova@vsb.cz.

<sup>2</sup> Ing. Iveta Skotnicová, Ph.D., Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 957, e-mail: iveta.skotnicova@vsb.cz.

<sup>3</sup> Ing. Petra Tymová, Ph.D., Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 352, e-mail: petra.tymova@vsb.cz.

<sup>4</sup> Ing. Zdeněk Galda, Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 907, e-mail: zdenek.galda@vsb.cz.

v letním období je možné různými způsoby. Pokud pomineme klimatizaci, pak lze množství tepelných zisků ovlivnit především pasivními nebo aktivními prvky protisluneční ochrany.

Pasivní prvky jsou takové, které jsou pevně spojeny s konstrukcí budovy a neumožňují regulaci slunečního záření do interiéru (např. markýzy, balkóny, zasklení). Aktivní prvky poskytují možnost regulace slunečního záření a tím i denního osvětlení interiéru podle potřeby (žaluzie, rolety).

V tomto příspěvku bylo provedeno hodnocení účinnosti vybraných pasivních i aktivních prvků protisluneční ochrany na konkrétních místnostech zvoleného objektu.

## POPIS HODNOCENÉHO OBJEKTU A MÍSTNOSTÍ

Pro zhodnocení kvality vnitřního prostředí v letním období byly vybrány místnosti kanceláří v budově stavební fakulty VŠB-TU Ostrava. Hodnocené místnosti byly posuzovány z několika hledisek – z hlediska tepelné stability a tepelné zátěže místností v letním období a také z hlediska denního osvětlení místností.

Mezi vybrané hodnocené místnosti patřily kancelářské prostory s okny na východní fasádě objektu „H“ fakulty stavební při VŠB – Technické univerzity Ostrava na ulici Ludvíka Poděště. Sledovanými místnostmi byly dvě kanceláře:

A) Místnost LP H506/2 - půdorysná plocha 14,2 m<sup>2</sup>, okno 5,52 m<sup>2</sup>.

B) Místnost LP H507/2 - půdorysná plocha 14,2 m<sup>2</sup>, okno 5,52 m<sup>2</sup>.

Konstrukce ohraničující obě místnosti patří mezi středně těžké až těžké, což výrazně ovlivňuje jejich akumulační vlastnosti. Plocha okna 5,52 m<sup>2</sup> zabírá z celkové plochy obvodové stěny 8,4 m<sup>2</sup> až 65,7%. Okenní rám zabírá z celkové plochy okna 23 %. Okno je z vnější strany stíněno nadokenní markýzou (přesah 1,3 m) a částečně v ranních hodinách protilehlou výškovou obytnou zástavbou (vzdálenou cca 193 m).

## NÁVRH PROTISLUNEČNÍCH OPATŘENÍ

Pro zhodnocení účinnosti protislunečních opatření byly vybrány dva typy protislunečních fólií jako pasivní prvky a jako aktivní prvek venkovní žaluzie. V tab. 1 jsou porovnány parametry původního zasklení a zasklení s protislunečními prvky (převzato od výrobce).

Tab. 1 Parametry zasklení okna a hodnocených fólií

	Celková propustnost slunečního záření	Činitel prostupu přímého slunečního záření	Činitel odrazu přímého slunečního záření	Činitel pohlcení přímého slunečního záření	Stínící součinitel	Činitel prostupu světla
	g [-]	$\tau$ [-]	$\rho$ [-]	$\alpha$ [-]	s [-]	$\tau_s$ [-]
Izolační dvojsklo	0,76		0,08			0,85
Sklo s interiérovou termoizolační fólií NSN60	0,42	0,35	0,31	0,34	0,52	0,56
Sklo s exteriérovou protisluneční fólií Silver 50XT	0,55	0,42	0,61	0,25	0,50	0,47
Venkovní žaluzie	0,12					

Celkově propuštěná tepelná energie zasklením g je navýšena o složku přenesené absorbované tepelné energie  $\alpha$  do interiéru. Stínící součinitel s vyjadřuje filtrační účinek prosklené plochy

opatřené fólií. Vybrané typy protislunečních fólií byly vybrány také s ohledem na další hodnocenou vlastnost – denní osvětlení místností.

## TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI V LETNÍM OBDOBÍ

Tepelná stabilita místností v letním období je kritériálním požadavkem předepsaným ČSN 730540 [1] a patří také mezi porovnávací ukazatele, které předepisuje Vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov. Splněním požadavku na tepelnou stabilitu se zajistí tepelná pohoda uživatelů vnitřního prostředí místnosti v letním období.

Tepelná stabilita místností v letním období se hodnotí pomocí dvou kritérií podle ČSN 73 0540 a to pomocí nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti  $\Delta\theta_{ai,max}$  [°C] a pomocí nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti  $\theta_{ai,max}$  [°C]. Výpočtové metody jsou podrobně rozepsány v normách [2] a [3].

### 1.1 Výsledky a hodnocení teoretického výpočtu

Výpočty tepelné stability byly provedeny pro čtyři varianty – původní stav, stav s protisluneční fólií (vnitřní nebo vnější), stav s protisluneční fólií a venkovní žaluzií, stav s venkovní žaluzií. Pro výpočty byly použity programy Teplo 2009 [7] (součinitel prostupu tepla konstrukcí), Stabilita 2009 [8] (nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu místnosti), Simulace 2009 [9] (nejvyšší teplota vzduchu místnosti). Nejvyšší teplota i nejvyšší vzestup teploty se stanovují pro nestacionární (lineární) venkovní okrajové podmínky.

Tab. 2 Posouzení nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu místnosti v letním období

Místnost	Varianty	Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu	Požadovaná normová hodnota	Vyhodnocení (vyhovuje/nevyhovuje)
		$\Delta\theta_{ai,max}$ [°C]	$\Delta\theta_{ai,max,N}$ [°C]	
H506/2	Původní stav zasklení	12,7	5,5	nevyhovuje
	Vnitřní okenní fólie NSN60	8,1	5,5	nevyhovuje
	Venkovní žaluzie + vnitřní fólie NSN60	2,0	5,5	vyhovuje
	Venkovní žaluzie	3,0	5,5	vyhovuje
H507/2	Původní stav	12,2	5,5	nevyhovuje
	Venkovní okenní fólie Silver 50 XT	9,6	5,5	nevyhovuje
	Venkovní žaluzie + venkovní fólie Silver 50 XT	2,3	5,5	vyhovuje
	Venkovní žaluzie	3,0	5,5	vyhovuje

Posouzení kritériálního požadavku prokázalo, že použití protislunečních fólií na sklo sníží nejvyšší vzestup teploty vzduchu v místnosti o 2,6 – 4,6 °C, ale pro splnění požadavku to nebude dostačující. V případě kombinace venkovních žaluzií a fólií se sníží nejvyšší vzestup teploty vzduchu v místnosti o 9,9 – 10,7 °C, požadavek bude splněn.

Tab. 3 Posouzení nejvyšší denní teploty vzduchu místnosti v letním období

Místnost	Varianty	Nejvyšší denní teplota vzduchu	Požadovaná normová hodnota	Vyhodnocení (vyhovuje/nevyhovuje)
		$\theta_{ai,max}$ [°C]	$\theta_{ai,max,N}$ [°C]	
H506/2	Původní stav zasklení	37,3	27	nevyhovuje
	Vnitřní okenní fólie NSN60	26,2	27	vyhovuje
	Venkovní žaluzie + vnitřní fólie NSN60	24,3	27	vyhovuje
	Venkovní žaluzie	25,8	27	
H507/2	Původní stav	37,3	27	nevyhovuje
	Venkovní okenní fólie Silver 50 XT	27,7	27	nevyhovuje
	Venkovní žaluzie + venkovní fólie Silver 50 XT	24,4	27	vyhovuje
	Venkovní žaluzie	25,8	27	vyhovuje

Posouzení kritériálního požadavku prokázalo, že použití protislunečních fólií na sklo sníží nejvyšší teplotu vzduchu v místnosti o 9,6 – 11,1 °C, ale pro splnění požadavku to nebude dostačující (pouze v místnosti H506/2). V případě kombinace venkovních žaluzií a fólií se sníží nejvyšší vzestup teploty vzduchu v místnosti o 12,9 – 13 °C, požadavek bude splněn.

## 1.2 Výsledky a hodnocení experimentálních měření teploty vnitřního vzduchu místností v letním období

Experimentální měření tepelně technických parametrů zahrnovalo měření teplot venkovního a vnitřního vzduchu, popř. vnitřní povrchové teploty okenní výplně v hodnocených místnostech. Tepelně technická měření probíhala v období duben – červenec pro původní stav místnosti a v období srpen – říjen pro navržená opatření. Pro měření bylo použito zařízení firmy Ahlborn včetně odpovídajících teplotních čidel. Sledovány byly teploty v hodinových intervalech v posuzovaných dnech.

Měření probíhalo ve dvou kancelářích LP H506/2 a LP H507/2 pro tři varianty – původní stav, stav s vnitřní nebo venkovní protisluneční okenní fólií, stav s venkovní žaluzií a venkovní protisluneční okenní fólií.

V tab. 4 jsou uvedeny výsledky měření teplot v jednotlivých místnostech. Vzhledem k omezenému prostoru článku byly vybrány do tabulky pouze výsledky z vybraných dnů.

Výsledky měření prokázaly podobně jako teoretický výpočet, že původní stav vykazuje výrazné překročení nejvyšší přípustné normové hodnoty teploty vzduchu v hodnocených místnostech v letním období. Použití protislunečních okenních fólií může snížit průměrnou maximální vnitřní teplotu vzduchu o 4,1 až 6,2 °C oproti původnímu stavu. Toto snížení je již výrazně citelné na tepelné pohodlě uživatelů. Naměřené hodnoty maximálních teplot se sice blíží normovému požadavku, ale ještě ho nesplňují. Teprve kombinace opatření s venkovní žaluzií dokáže snížit teplotu vzduchu v místnosti pod maximální přípustnou normovou hodnotu, a proto ji lze vyhodnotit jako nejlepší.

Tab. 4 Měření nejvyšší denní teploty vzduchu místností v letním období

Místnost	Varianty	Datum měření	Nejvyšší vnitřní teplota vzduchu	Nejvyšší venkovní teplota vzduchu	Průměrná vnitřní teplota vzduchu	Průměrná venkovní teplota vzduchu
			$\theta_{ai}$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\phi\theta_{ai}$ [°C]	$\phi\theta_{ae}$ [°C]
H506/2	Původní stav	14.8.	33,6	20,7	30,1	19,9
	Vnitřní okenní fólie NSN60	26.9.	28,9	22,1	26,2	18,9
H507/2	Původní stav	14.8.	35,7	25,9	33,2	23,4
	Venkovní okenní fólie Silver 50 XT	26.8.	27,6	21,6	27	21,0
	Venkovní žaluzie a venkovní fólie Silver 50 XT	20.9.	23,1	21,1	24,1	16,2

### 1.3 Výsledky a hodnocení experimentálních měření teploty vnitřního vzduchu místností v zimním období

Měření vnitřní teploty vzduchu proběhlo i v zimním období. Důvodem bylo ověření vlivu aplikované vnitřní protisluneční a zároveň termoizolační okenní fólie v místnosti LP H 506/2 na teplotu vzduchu. Porovnávány byly obě hodnocené místnosti pouze pro variantu s aplikací okenních fólií za stejných vnitřních otopných i venkovních podmínek. Z výsledků je patrný přínos termoizolační vnitřní okenní fólie, která zvýšila průměrnou teplotu v místnosti o 1,5 °C. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5 Měření vnitřní teploty vzduchu v zimním období

Místnost	Varianty	Datum měření	Průměrná vnitřní teplota vzduchu	Průměrná venkovní teplota vzduchu
			$\theta_{ai}$ [°C]	$\theta_e$ [°C]
H506/2	Vnitřní termoizolační okenní fólie NSN60	8.1.	23,7	5,6
H507/2	Venkovní okenní fólie Silver 50 XT	8.1.	22,2	5,6

## POSOUZENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ MÍSTNOSTÍ

Základní požadavky na denní osvětlení budov předepisuje ČSN 73 0580 [4]. Vyhovující denní osvětlení musí mít vnitřní prostory určené pro trvalý pobyt lidí během dne.

Úroveň denního osvětlení v nově navrhovaných vnitřních prostorech s trvalým pobytem lidí se zjišťuje pomocí hodnot činitele denní osvětlenosti  $D$  [%] v kontrolních bodech, rozmístěných v pravidelné síti na vodorovné srovnávací rovině. Výška srovnávací roviny má být 0,85 m nad podlahou (pokud není požadována výška jiná).

Hodnoty činitele denní osvětlenosti ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části nesmí být menší, než pro odpovídající zrakové činnosti stanoví ČSN 73 0580 [4]. Jde-li o trvalý

pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}$  rovna nejméně 1,5%.

Cílem posouzení bylo ověřit, zda aplikací fólií nedojde ke zhoršení zrakových podmínek uvnitř kanceláře pod přípustný minimální normový limit. Parametry celkové světelné propustnosti zasklení jsou uvedeny v tabulce 1.

#### 1.4 Výsledky a hodnocení teoretického výpočtu

Vypočtené hodnoty byly porovnány s požadavky ČSN 73 0580-1 [4]. Pro výpočet byl použit program WDLS 4.1 [9]. Výsledky výpočtu a hodnocení jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6 Posouzení denního osvětlení místností

Místnost	Varianty	Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti	Požadovaná minimální normová hodnota	Hodnota činitele denní osvětlenosti v místě pracovního stolu*	Vyhodnocení
		$D_{\min}$ [%]	$D_{\min,N}$ [%]	$D$ [%]	
H505/1	Původní stav	2,4	1,5	4,7	vyhovuje
H506/2	Původní stav	2,4	1,5	4,7	vyhovuje
	Vnitřní okenní fólie	1,5	1,5	3,0	vyhovuje
H507/2	Původní stav	2,4	1,5	4,7	vyhovuje
	Venkovní okenní fólie	1,3	1,5	2,6	vyhovuje pouze ve funkčně vymezené části

Posouzení prokázalo, že denní osvětlení všech hodnocených místností v původním stavu vyhoví na normový požadavek  $D_{\min,N}$ . Po aplikaci protisluneční okenní fólie v místnosti H506/2 bude požadavek ještě splněn, ale dojde ke snížení minimální hodnoty  $D_{\min}$ . Po aplikaci protisluneční okenní fólie v místnosti H507/2 bude požadavek splněn ve funkčně vymezené části místnosti ohraničené izofotou 1,5 %. V místě pracovního stolu (pracovní místo) bude zajištěn dostatek přirozeného denního světla pro danou zřakovou činnost.

#### 1.5 Výsledky a hodnocení experimentálních měření činitele denní osvětlenosti místností

Měření denního osvětlení proběhlo v lednu ve třech místnostech za normových podmínek dle ČSN 73 0580 [4] – stále zatažené zimní oblohy při tmavém terénu. Pro měření bylo použito zařízení firmy Ahlborn včetně odpovídajících čidel pro osvětlenost (luxmetr). Osvětlenost venkovní horizontální ničím nezastíněné roviny byla měřena na střeše nové budovy FAST. Osvětlenosti v kontrolních bodech ve vnitřním prostředí všech kanceláří byly měřeny v místě pracovního stolu ve výšce 0,85 m nad podlahou, 1 m od vnitřní stěny a 2 m od okna. Činitel denní osvětlenosti se stanovil výpočtem z naměřených hodnot. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. 7 a jsou srovnatelné s teoretickým výpočtem.

Tab. 7 Měření osvětlenosti a stanovení činitele denní osvětlenosti.

Místnost	Varianty	Datum měření	Osvětlenost v kontrolním bodě	Osvětlenost venkovní	Činitel denní osvětlenosti
			$E$ [lx]	$E_H$ [lx]	$D$ [%]
LP H505/2	Původní stav	10.1.	105	2225	4,7
LP H 506/2	Vnitřní okenní fólie	10.1.	57	2225	2,6
LP H507/2	Venkovní okenní fólie	10.1.	42	2225	1,9

## POSOUZENÍ TEPELNÉ ZÁTĚŽE MÍSTNOSTÍ

Úkolem této dílčí části je zmapovat a co nejlépe simulací a propočty vystihnout situaci, která vzniká ve velmi teplém letním období ve sledovaných místnostech řešeného objektu.

Okna kanceláří jsou orientována téměř ve východním směru (azimut  $98^\circ$ , sklon  $90^\circ$ ), to má za následek velmi intenzivní dopad sluneční radiace v ranních hodinách při východu slunce až téměř do poledne, a to po celý kalendářní rok.

Z této situace vyplývá, že je nutno tyto prostory chránit nejen před zvýšenou sluneční radiací, která je původcem zvýšené tepelné zátěže ve všech těchto kancelářích na budově „H“, ale i před nepříznivým ostrým osluněním, které je nevhodné nejen pro pedagogickou práci na počítačích. Jako důsledek takovéto nastalé situace může být zvýšená únava lidského organismu a s tím velmi úzce spojena výrazně snížená produktivita práce.

Výpočty byly provedeny dle platných norem ČSN 73 0540 [1] a dále dle ČSN 73 0548 [5]. Norma byla použita i přes to, že se nejedná o klimatizovaný prostor, ale hlavně z toho důvodu, že stav, který v daném objektu často nastával, neřeší jiná z norem, protože všechny ostatní předpokládají, že v místnostech dané kategorie nebude překročena nejvyšší povolená vnitřní teplota  $26^\circ\text{C}$  (popř.  $28^\circ\text{C}$ ). A dále proto, že tento prostor dle naměřených teplotních hodnot by již při svém návrhu si vyžadoval být klimatizován.

Jako podklad při zpracování byla využita projektová dokumentace k této budově. Hlavními parametry byly součinitele prostupů tepla jednotlivých obalových konstrukcí včetně okenních výplní, parametry okenních konstrukcí z hlediska propustnosti sluneční radiace, parametry stínících prostředků (vnějších žaluzií, vnitřních aluminiových žaluzií, vnitřní termoizolační fólie a venkovní protisluneční fólie), vnitřní tepelné zisky od pracujících osob, od osvětlení, od technického vybavení a dále intenzita větrání těchto prostor.

### 1.6 Řešené varianty tepelné zátěže místností

Hodnoceno bylo celkem 17 variant tepelných zátěží vybraných místností, které se odlišovaly zadanými okrajovými podmínkami. Vzhledem k omezenému prostoru článku je podrobný popis jednotlivých variant k nahlédnutí u autorů.

#### Okno bez stínících prostředků (varianty 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 17)

Tento stav byl zcela běžný do doby, než byly nainstalovány venkovní stínící žaluzie. Vnitřní horizontální plátěné žaluzie zabraňovaly pouze plné sluneční radiaci, která pronikala do vnitřních hodnocených prostor. Dokázaly tak částečně eliminovat nepříjemné přímé záření, naproti tomu však byly dobrým nositelem tepelné pohltivosti sluneční radiace a zvyšovaly tak tepelnou zátěž uvnitř prostorů. Jelikož bylo zakázáno tyto místnosti větrat po pracovní době (noční uzavření budovy), docházelo těmito vnitřními stínícími prostředky k dalšímu zadržení tepelné zátěže uvnitř objektu.

Stav průniku sluneční radiace přes obvodové konstrukce je uveden ve variantách 1 a 2. Varianty 3, 4, 5, 6, 7, 9 a 11 jsou dalšími možnými variantami (např. navýšení venkovní teploty



vzduchu, rozdílné teploty vnitřního vzduchu v sousedních místnostech), které nastanou v průběhu roku.

### **Okno s vnějšími žaluziemi (varianty 8, 14, 15, 16)**

Po instalaci vnějších stínících žaluzií se stav tepelné zátěže markantně snížil, odpovídá tomu i samotný výpočet, viz varianta 8.

### **Okno s vnitřní žaluzií (varianta 10)**

Vnitřní horizontální plátěné žaluzie, jež byly nainstalovány jako prvotní, nemohly jakkoliv zabránit zvýšení tepelné zátěže od sluneční radiace (viz okno bez stínících prostředků). Bylo proto uvažováno s běžnými vnitřními aluminiovými žaluziemi jak je běžně známe. Tento stav popisuje varianta 10.

### **Okno s vnější protisluneční fólií (varianty 13, 15)**

Jako další varianta možné zábrany proti zvýšené tepelné zátěži byla nainstalována do místnosti LPH 507/2 protisluneční fólie Silver 50. Tento stav je uveden ve variantě 13. Ve variantě 15 je navíc kombinována s vnějšími žaluziemi. Zároveň varianta 15 je maximální možný a nejlepší stav jakého šlo při tomto úkolu dosáhnout.

### **Okno s vnitřní termoizolační fólií (varianty 12, 16)**

Vnitřní termoizolační fólie řady NSN60 byla nainstalována do místnosti LPH 506/2. Tuto variantu popisuje stav 12 a 16. Bylo dosaženo jen o málo horších výsledků, než je tomu u variant 13 a 15.

### **Intenzita větrání**

Prísun čerstvého vzduchu do místnosti vždy zaručuje zdravé podmínky pro jakoukoliv lidskou činnost. Normové požadavky jsou u kategorie daných místností stanoveny na 1,5 násobnou výměnu vzduchu. Z toho to požadavku se vycházelo u všech variant řešení 1 - 16. V letním období a pocitu zvýšené tepelné zátěže lidé často otevrou okno, aby si vyvětrali více, anebo alespoň navodili pocit chladu proudícím čerstvým vzduchem, který často v letních měsících i přesahuje 30°C. Proto byla vytvořena varianta „možnost extrému“, kdy bylo uvažováno s teplejším venkovním vzduchem  $t_i = 33^\circ\text{C}$  a intenzita větrání při plně otevřeném okně běžně dosahuje patnáctinásobku objemu dané místnosti.

Tento stav je znázorněn ve „varianta – možnost extrému“. Hodnoty tepelné zátěže téměř dosahují dvojnásobku! Zde je vidět, že hlavním nositelem tepla není jen sluneční radiace, ale především ohřátý čerstvý vzduch.

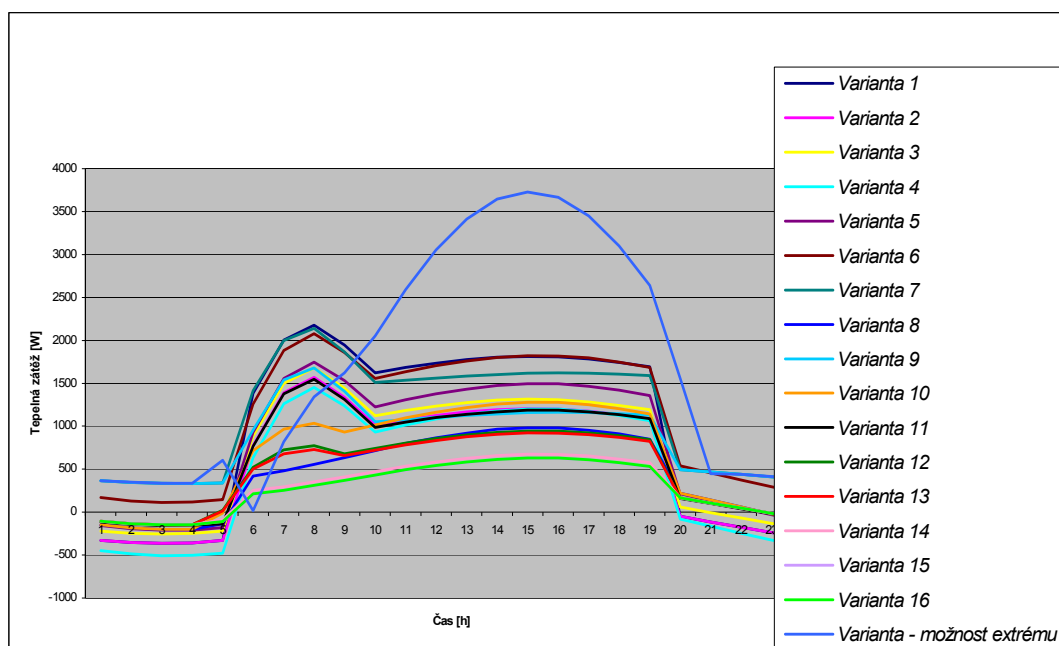
### **Akumulace tepla do konstrukcí**

Téměř všechny stavební konstrukce jsou výbornými vodiči tepelné energie. Zejména beton, železobeton, či zdivo. Protože objekt je postaven jako skeletová konstrukce s litými stropy a prefabrikovanými železobetonovými podokenními stěnami, jež jsou zvenčí zatepleny minerální vatou, není tomu vůbec jinak. Všechny vnitřní příčky a zdi jsou provedeny z tvárníc Heluz. Proto u objektu nastává v letních měsících situace, kdy teplo se akumuluje do těchto konstrukcí a jen stěží jej lze odvést větráním z daného prostoru (viz intenzita větrání), kdy je též zabráněno pasivnímu chlazení v nočních hodinách. Tento jev se neblaze odráží v grafech jako tzv. „druhá vlna“, která je samozřejmě již částečně ovlivněna větráním a vnitřními tepelnými zisky.

### **Vnitřní tepelné zisky**

K hlavním vnitřním vyvíječům tepelné zátěže patří počítače, laserové tiskárny a monitory, jak LCD, tak především zastaralé CRT monitory. Nemalou měrou zde přispívá i vnitřní osvětlení (klasické žárovky v lampách a neonová svítidla). Člověk je taktéž nositelem tepelné energie. Jelikož se řešila tepelná zátěž v letním období, upustilo se od předpokladu osvětlení v kancelářích. Tento výrazný rozdíl tepelné zátěže je znázorněn variantami 1 a 2.





Obr. 1 Graf vývoje tepelné zátěže v průběhu dne (místnosti LPH 506/2 a LPH 507/2)

Jako nejlepším variantním řešením se jeví varianta kombinace vnějších stínících žaluzií a protisluneční (nebo termoizolační) fólie. Následně jsou to samotné vnější stínící žaluzie. Použití pouze protisluneční okenní fólie může být řešením v případech, ve kterých dochází k překročení normové maximální teploty vzduchu jen o několik °C. V případě hodnocených místností bylo toto řešení nedostačující.

Je však velmi nutno dbát na kvalitativní parametry clonících zařízení z hlediska stínících součinitelů a součinitelů poměrné tepelné pohltivosti.

Budova je orientována téměř východním směrem, z toho důvodu nastává „první vlna“ tepelné zátěže v ranních hodinách, protože slunce se nachází přímo naproti okenním výplním. Se stoupáním na horizont se tato první vlna tepelné zátěže postupně snižuje. Je dáno dále ještě přívodem relativně chladného čerstvého vzduchu a nenaakumulovaností vnitřních konstrukcí. Tuto první vlnu alespoň trochu eliminuje použití uvedených fólií.

Druhá vlna nastává krátce po poledni a je způsobena postupným prouděním čím dále teplejšího ohřátého vzduchu zvenčí. To má za následek akumulaci do všech stavebních konstrukcí, které po té pracují jako dobře vyhřátá kamna. Tato vlastnost je velmi dobrá v zimním období, avšak ne v letním. Dále k tomu přispívají vnitřní tepelné zisky z kancelářské techniky. Vrchol druhé vlny je proto vesměs kolem 15. hodiny odpolední, kdy s mírným fázovým posunem oproti nejvyšším venkovním teplotám vzduchu dochází k tomuto vrcholu. V tuto dobu sluneční radiace již začala pomalu slábnout a ohřívat tak venkovní vzduch. Ten se bude postupně pomalu ochlazovat.

## ZÁVĚR, HODNOCENÍ

Jako doporučení do budoucna lze uvést, že při samotné projekci podobných objektů, jež budou vyžadovat velké nároky na denní osvětlení a oslunění, nebo bude u nich z jakéhokoliv hlediska zamýšleno s hojně prosklenou obvodovou konstrukcí, aby byly zváženy dopady případné tepelné zátěže. A dále, aby v případě nemožnosti změny orientace těchto prosklených ploch vůči světovým stranám byla již při projekci přijata a prosazena taková opatření, jež budou danou problematiku úspěšně a efektivně řešit.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován s podporou specifického vysokoškolského výzkumu - Studentské grantové soutěže VŠB-TU Ostrava pod identifikačním kódem: SP/2010125.

## LITERATURA

- [1] ČSN 73 0540 - 2 *Tepelná ochrana budov – Část 2 : Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [2] ČSN 73 0540 - 4 *Tepelná ochrana budov – Část 4 : Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] ČSN EN ISO 13792 *Tepelné chování budov – výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení – Zjednodušené metody*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 49 s.
- [4] ČSN 73 0580 -1 *Denní osvětlení budov – Část 1 : Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 23 s.
- [5] ČSN 73 0548 *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1985.
- [6] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. *Větrání a klimatizace*. Praha: Česká matice technická, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [7] Vopálka, K. QPRO Tepelné zisky 2006-2008 pro Windows. Výpočtový program pro PC
- [8] K-CAD s.r.o. Praha. Stavební fyzika 2009 – výpočtové programy Teplo 2009, Stabilita 2009, Simulace 2009.
- [9] Astra Zlín. WDLS 4.1. Výpočtový program pro PC.

### Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D., katedra energetiky, Fakulta strojní VŠB-TU Ostrava.

Ing. Vladimír Baginský, ředitel Krajské energetické agentury Moravskoslezského kraje.